

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-254250

(43)Date of publication of application : 10.09.2002

(51)Int.Cl.

B23H 7/02  
B23Q 15/00

(21)Application number : 2001-374713

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 07.12.2001

(72)Inventor : KURIHARA SEIKI  
HIRAGA KAORU

(30)Priority

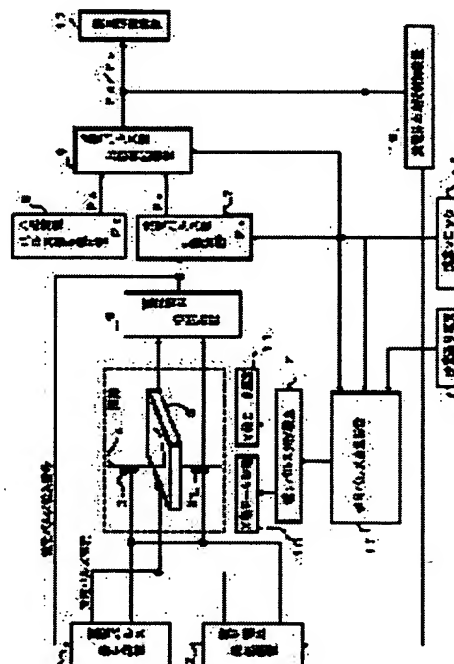
Priority number : 2000391748 Priority date : 25.12.2000 Priority country : JP

### (54) CONTROL UNIT FOR WIRE ELECTRIC DISCHARGE MACHINE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a wire electric discharge machine that can improve a machining speed and machining accuracy and prevent a wire-like electrode from breaking.

**SOLUTION:** A counter 7 counts the number of electric discharge pulses generated between a wire-like electrode 4 and a workpiece 5 every specified time. A comparison determination unit 9 computes the ratio  $P_x/P_s$  (where  $P_x$  is enumerated data and  $P_s$  is the number of pulses stored in a reference electric discharge pulse number memory 8). According to the ratio, a feed amount obtained by a feed pulse arithmetic unit 13 in a specified time is controlled. In addition, according to the ratio  $P_x/P_s$  or the like, an electric discharge downtime control unit 16 controls a downtime controlled by a detection voltage generator 2. Furthermore, according to the ratio  $P_x/P_s$ , a liquid amount control unit 17 controls a coolant amount. This stops surplus energy supply, improves the machining speed and machining accuracy, and prevents the wire-like electrode from breaking.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-254250

(P2002-254250A)

(43)公開日 平成14年9月10日(2002.9.10)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコード\*(参考)

B 2 3 H 7/02

B 2 3 H 7/02

S 3 C 0 5 9

B 2 3 Q 15/00

B 2 3 Q 15/00

C

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願2001-374713(P2001-374713)

(22)出願日 平成13年12月7日(2001.12.7)

(31)優先権主張番号 特願2000-391748(P2000-391748)

(32)優先日 平成12年12月25日(2000.12.25)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 栗原 正機

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 平賀 蒸

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(74)代理人 100082304

弁理士 竹本 松司 (外4名)

Fターム(参考) 3C059 AA01 AB05 BA07 BA08 CB01

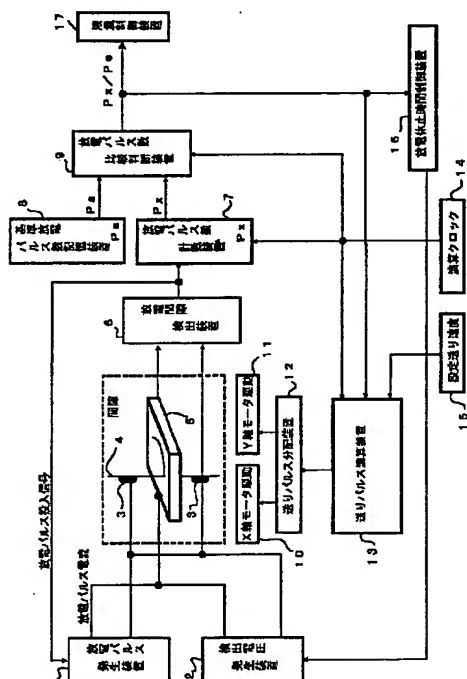
CB06 CB15 CG01 CG07

(54)【発明の名称】 ワイヤ放電加工機の制御装置

(57)【要約】

【課題】 加工速度、加工精度を向上させ、ワイヤ状電極の断線をも回避できるワイヤ放電加工機の制御装置を得る。

【解決手段】 所定時間毎ワイヤ状電極4と被加工物5間で生じた放電パルス数を計数装置7で計数する。この計数値Pxと基準放電パルス数記憶装置8に記憶するパルス数Psの比率Px/Psを比較判断装置9で求め、この比率に応じて、送りパルス演算装置13で求める所定時間内の送り量を制御する。また、この比率Px/Ps等により、放電休止時間制御装置16によって、検出電圧発生装置2で制御される休止時間を制御する。さらにこの比率Px/Psに応じて、液量制御装置17で冷却液の量を制御する。これにより、余剰エネルギーの投与を防止し、加工速度、加工精度を向上させ、ワイヤ状電極の断線を回避する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、設定送り速度と前記所定時間とで求まる前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離に前記比率を乗じて求めた距離を移動指令として前記所定時間毎前記移動手段に出力する手段とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項2】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算する放電パルス電流積分演算手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス電流の時間積分値を記憶する基準放電パルス電流積分値記憶手段と、前記放電パルス電流積分値演算手段が得た数値と前記基準放電パルス電流積分値記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、設定送り速度と前記所定時間とで求まる前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離に前記比率を乗じて求めた距離を移動指令として前記所定時間毎前記移動手段に出力する手段とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項3】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が所定時間ごとに得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値とを比較する手段と、前記比較結果に応じて、前記放電パルス数計数手段が所定時間ごとに得た数値が前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値と一致するように、放電休止時間を制御する手段とを有することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項4】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づ

いて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が所定時間ごとに得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値とを比較する手段と、該比較結果に応じてエネルギーの余剰投入を抑えるよう放電休止時間を制御する休止時間制御装置とを備えたワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項5】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算する放電パルス電流積分演算手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス電流の時間積分値を記憶する基準放電パルス電流積分値記憶手段と、前記放電パルス電流積分値演算手段が所定時間ごとに得た数値と前記基準放電パルス電流積分値記憶手段に記憶した数値とを比較する手段と、該比較結果に応じて余剰エネルギーの投入を抑えるよう放電休止時間を制御する休止時間制御装置とを備えたワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項6】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が所定時間ごとに得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、該比率に応じて冷却液量を増減するようにした液量制御装置とを備えたワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項7】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算する放電パルス電流積分演算手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス電流の時間積分値を記憶する基準放電パルス電流積分値記憶手段と、前記放電パルス電流積分値演算手段が所定時間ごとに得た数値と前記基準放電パルス電流積分値記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、前記比率に応じて冷却液量を増減するようにした液量制御装置とを備えたワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項8】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の

制御装置において、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値とを比較する比較手段とを有し、比較結果に基づいて、放電休止時間を制御すると共に、前記移動手段に出力する移動指令の前記所定時間毎の送り量を制御するようにしたことを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項9】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算する放電パルス電流積分演算手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス電流の時間積分値を記憶する基準放電パルス電流積分値記憶手段と、前記放電パルス電流積分値演算手段が得た数値と前記基準放電パルス電流積分値記憶手段に記憶した数値とを比較する比較手段とを有し、比較結果に基づいて、放電休止時間を制御すると共に前記移動手段に出力する移動指令の前記所定時間毎の送り量を制御するようにしたことを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項10】 前記比較手段による比較結果に基づいて、冷却液量を制御する請求項8又は請求項9記載のワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項11】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、放電パルスによる被加工物の加工量に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離を制御する手段を有することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項12】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、放電パルスによる被加工物の加工量に基づいて放電休止時間を制御する放電休止時間制御装置を有することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項13】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、放電パルスによる被加工物の加工量に基づいて冷却液量を制御する液量制御装置を有することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項14】 前記放電パルスによる被加工物の加工

量に基づく制御は、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数した計数値と、予め求めておいた所定値とに基づいて行われることを特徴とする請求項11乃至13記載のワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項15】 前記放電パルスによる被加工物の加工量に基づく制御は、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算した値と、予め求めておいた所定値とに基づいて行われることを特徴とする請求項11乃至13記載のワイヤ放電加工機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はワイヤ放電加工機の制御装置に係わり、特に加工速度向上と加工精度の向上を可能とする制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図18は従来のワイヤ放電加工機の制御装置の概要を示す図である。放電パルス発生装置1は放電加工を行うため、ワイヤ状電極4と被加工物5間の間隙に電圧を印加するもので、直流電源、トランジスタ等のスイッチング素子からなる回路やコンデンサの充放電回路などで構成している。検出電圧発生装置2はワイヤ状電極4と被加工物5間の間隙が放電可能か否かを検出するためにワイヤ状電極4と被加工物5間にパルス電圧を印加する装置で、トランジスタなどの能動素子と抵抗、コンデンサ等からなる回路、直流電源等で構成している。

【0003】通電ブラシ3はワイヤ状電極4に通電するためのもので、放電パルス発生装置1及び検出電圧発生装置2の一方の端子にそれぞれ接続している。また被加工物5は放電パルス発生装置1及び検出電圧発生装置2の他方の端子にそれぞれ接続されている。走行するワイヤ状電極4と被加工物5間には、放電パルス発生装置1及び検出電圧発生装置2から発生するパルス電圧が印加される。

【0004】放電間隙検出装置6は被加工物5とワイヤ状電極4に接続され、検出電圧発生装置2からの検出パルス電圧の推移によって放電間隙が放電可能状態かを判断して放電パルス投入信号を生成する。さらに送り制御のために数 $\mu$ 秒から数十 $\mu$ 秒以上のパルス状間隙電圧を基準電圧と比較して送りパルス演算装置の処理速度に整合するための平均化処理回路22を通して、基準電圧設定装置23の出力と比較し電圧偏差を得る。そしてこの電圧偏差に基づいて送りパルス演算装置24は送りパルス間隔を制御したパルス列を生成し、送りパルス分配装置12に出力する。送りパルス分配装置12はこのパルス列より加工プログラムにしたがってX軸、Y軸の駆動パルスに分配し被加工物5を載置したテーブルを駆動するX軸モータ制御装置10、Y軸モータ制御装置11に出力する構成となっている。

【0005】まず、前述のように被加工物5とワイヤ状

電極4との間で放電可能か否かを検出するために、検出電圧発生装置2より検出パルス電圧を発生させて被加工物5とワイヤ状電極4との間隙に印加する。被加工物5とワイヤ状電極4との間に通電を生じ、被加工物5とワイヤ状電極4との間に電圧降下が生じると、放電間隙検出装置6は、この電圧降下を検出し放電可能と判断し、放電パルス発生装置1に放電パルス投入信号を送り、該放電パルス発生装置1より放電パルスを発生させて、上記被加工物5とワイヤ状電極4の間隙に放電パルス電流を流す。しかる後に間隙が冷却する適当な休止時間を経て、再度上記検出パルスを上記間隙に印加する。この動作サイクルをくり返し実行し放電加工を行う。

【0006】このようにして被加工物5から放電パルス発生ごとにその被加工物5の一部を除去する加工を行う。即ち、検出パルス電圧によって、対向するワイヤ状電極4と被加工物5との間隙に形成する数十 $\mu\text{m}$ 以下の微小な導電路を捜し、即座に放電パルス電流を投入して加熱、蒸散又は溶融飛散することによって放電を開始させる。放電パルス一発の除去量や加工性能は放電パルス電流の大きさやワイヤ状電極4及び被加工物5の材料の融解熱や熱伝導率、融解時の粘度などの特性と冷却液（加工液）による冷却やスラッジ排出に関連する特性等によって異なる。また前述の放電生成から続く次なる放電は主に放電終了直後の発生スラッジを介した微小導電路の多く存在する近傍で集中して発生する傾向がある。そのため次々に発生する放電が一ヶ所に集中しないように的確なサーボ送り制御と休止時間制御が必要となる。

【0007】図19は、図13に示すダイス鋼の角柱を従来方法によって切り出した時の加工電圧と加工電流及び加工速度のモニタ波形を示す図である。加工方向が直角に変わるコーナは一瞬、間隙分だけ空送りすることになる。そのために加工電流は減少して加工電圧も高くなる。したがって送り速度指令が大きくなる。方向変更後はワイヤ状電極と被加工物は必要以上に近接して間隙が狭まり、スムーズなスラッジの排出が行われない。その結果スラッジ密度が高かまって放電集中を起こして短絡したり、ワイヤ状電極が断線するようになる。そのため従来制御ではコーナ直後から一定の期間又は距離でサーボ送り（ワイヤ状電極と被加工物の相対的な送り）や放電休止時間、さらには加工液の液圧を予め加工確認して評価した別処理を追加する必要があった。しかも被加工物の板厚変化やコーナ形状に対応する精度補正が非常に煩雑で困難な処理になっていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の送り制御は前述のように検出が間隙電圧で行うため送りの正確さに欠け、特にワイヤ状電極を強く張った状態では断線し易く加工速度向上の要望に応えることができなかった。また加工形状の特にコーナ部などでは断線し易く、これを防止するために予め送り速度や加工電流を落とすなどのコ

ーナ制御処理など追加する必要があった。本発明はこのような課題を解決することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、請求項1に係わる発明は、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、設定送り速度と前記所定時間とで求まる前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離に前記比率を乗じて求めた距離を移動指令として前記所定時間毎前記移動手段に出力する手段とを備えるようにした。

【0010】また、請求項2に係わる発明は、請求項1に係わる発明の放電パルス数の代わりに、放電パルス電流の時間積分値を用いるものであり、放電パルス数計数手段の代わりに、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算する放電パルス電流積分演算手段を設け、基準放電パルス数記憶手段の代わりに、基準となる放電パルス電流の時間積分値を記憶する基準放電パルス電流積分値記憶手段を設け、さらに、パルス数の代わりに、前記放電パルス電流積分値演算手段が得た数値と前記基準放電パルス電流積分値記憶手段に記憶した数値によってその比率を求める手段を設けた。

【0011】請求項3、請求項4に係わる発明は、ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数する放電パルス数計数手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる放電パルス数を記憶する基準放電パルス数記憶手段と、前記放電パルス数計数手段が所定時間ごとに得た数値と前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値とを比較する手段と、前記比較結果に応じて、前記放電パルス数計数手段が所定時間ごとに得た数値が前記基準放電パルス数記憶手段に記憶した数値と一致するように、または、エネルギーの余剰投入を抑えるよう放電休止時間を制御する手段とを有することを特徴とするものである。

【0012】請求項5に係わる発明は、請求項3、4に係わる発明における放電パルス数の代わりに請求項2に係わる発明のように、基準放電パルス電流積分値に基づいて放電休止時間を制御する用にしたものである。

【0013】請求項6に係わる発明は、請求項3に係わ

る発明の放電休止時間を制御する手段の代わりに冷却液量を増減制御する液量制御装置を備える用にしたものである。さらに、請求項7に係わる発明は、請求項5に係わる発明の放電休止時間を制御する手段の代わりに冷却液量を増減制御する液量制御装置を備える用にしたものである。

【0014】請求項8、9に係わる発明は、請求項3、4に係わる発明に、移動手段に出力する移動指令の所定時間毎の送り量を制御するようにしたものである。また、請求項10に係わる発明は、さらに冷却液量を制御

するようにしたものである。  
【0015】また、請求項11～15に係わる発明においては、ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電パルス電流を投入して放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、請求項11に係わる発明は、放電パルスによる被加工物の加工量に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離を制御する手段を有することを特徴とし、請求項12に係わる発明は、放電パルスによる被加工物の加工量に基づいて放電休止時間を制御する放電休止時間制御装置を有することを特徴とし、請求項13に係わる発明は、放電パルスによる被加工物の加工量に基づいて冷却液量を制御する液量制御装置を有することを特徴とする。そして、請求項14に係わる発明は、前記放電パルスによる被加工物の加工量に基づく制御を、投入した放電パルス数を所定時間ごとに計数した計数値と、予め求めておいた所定値とに基づいて行うようにし、また、請求項15に係わる発明は、投入した放電パルス電流を所定時間ごとに積分演算した値と、予め求めておいた所定値とに基づいて行うようにした。

【0016】

【発明の実施の形態】まず、本発明の動作原理について説明する。図3は、ワイヤ放電加工における投入加工エネルギーと加工量の関係の説明図である。被加工物5に対して、 $\Delta s$ 部分と $\Delta x$ 部分の加工が行われた場合、次の関係式が成り立つ。

$$P_s * w = \Delta s * t * g$$

$$P_x * w = \Delta x * t * g \quad \dots (1)$$

すなわち、

$$P_s / \Delta s = P_x / \Delta x = t * g / w \quad \dots (2)$$

となる。

【0017】ここで、 $t$ は被加工物5の板厚、 $P_s$ 及び $P_x$ はそれぞれの部分において単位時間 $T$ に発生する放電パルス数、 $w$ は放電パルス1発あたりの加工量、 $\Delta s$ は放電パルス数 $P_s$ で移動できる距離、 $\Delta x$ は放電パルス数 $P_x$ で移動できる距離、 $g$ は加工溝幅である。また、放電パルス1発あたりの加工量 $w$ が一定であれば、放電パルス数 $P_s$ 及び $P_x$ は単位時間 $T$ に発生する加工量に比例する値を示している。

【0018】板厚 $t$ に変化がないことを条件として加工

溝幅 $g$ を一定とすれば次式を得る。

$$P_s / P_x = \Delta s / \Delta x \quad \dots (3)$$

即ち、単位時間 $T$ 当たりの放電パルス数の変化とそれによる送り移動量の変化をそれぞれ等しくするように送ることができれば加工溝幅 $g$ は一定になることを意味する。

【0019】単位時間 $T$ 当たりの基準移動量 $\Delta s$ は設定入力する基準となる設定送り速度 $SPD$ から次式により得る。

$$\Delta s = SPD * T \quad \dots (4)$$

(3)式と(4)式から移動量 $\Delta x$ は次式より得る。

$$\Delta x = SPD * T * (P_x / P_s) \quad \dots (5)$$

なお、上記(5)式は、設定送り速度 $SPD$ が変更され、 $SPD * (P_x / P_s)$ の送り速度にすることを意味する。図4は横軸を移動量 $\Delta$ 、縦軸を放電パルス数 $P$ として(3)、及び(5)式の関係を表している。基準となる放電パルス数 $P_s$ と基準となる設定送り速度 $SPD$ を予め点線のごとく設定すれば加工中の時々刻々変化する単位時間 $T$ 当たりの放電パルス数 $P_x$ を計数することによって移動量 $\Delta x$ を生成することができる。この移動量 $\Delta x$ は、(1)式から、

$$\Delta x = (P_x * w) / (t * g)$$

と表わすこともできる。この式の $P_x * w$ は、放電パルスが $P_x$ だけ発生した時の加工量である。移動量 $\Delta x$ はこの加工量を被加工物の板厚と加工溝幅との積で除したものであるから、移動量 $\Delta x$ だけワイヤ電極を移動させるということは、 $P_x$ の放電パルスによって加工された量だけワイヤ電極を移動させることとなる。すなわち、

(5)式は、基準となる放電パルス数 $P_s$ と単位時間 $T$ 当たりの放電パルス数の計数値 $P_x$ から、放電パルスによる加工量に対応するワイヤ電極の移動量 $\Delta x$ を生成するものである。

【0020】一般的に、移動量 $\Delta$ と放電パルス数 $P$ との関係は、被加工物の材質、被加工物の板厚 $t$ 、加工溝幅 $g$ などによって変化する。例えば、被加工物の板厚 $t$ と加工溝幅 $g$ を一定とした場合、移動量 $\Delta$ と放電パルス数 $P$ の関係は図5(a)に示すようになる。図5(a)の直線の傾き $\alpha$ は、(2)式の $(t * g / w)$ に相当するが、 $t$ と $g$ 一定としているため、傾き $\alpha$ は(2)式の $(1 / w)$ を表している。図5(a)において、超硬WCの方がダイス鋼よりも傾き $\alpha$ が大きいということは、超硬WCの方がダイス鋼よりも放電パルス1発あたりの加工量 $w$ が小さいことを意味している。これは、超硬WCの方がダイス鋼よりも放電加工がしにくいことと一致している。

【0021】又、加工溝幅 $g$ を一定とし、同じ材質の被加工物で板厚 $t$ を変化させた場合、移動量 $\Delta$ と放電加工パルス数 $P$ との関係は図5(b)に示すようになる。この場合(2)式における $g$ と $w$ が一定なので、図5

(b)の直線の傾き $\beta$ は、被加工物の板厚 $t$ を表してい

る。

【0022】さらに、図5(c)は、加工溝幅 $g$ を一定とし、放電パルス数 $P$ と移動量 $\Delta$ との比( $P/\Delta$ )と、被加工物の板厚 $t$ との関係を示す(2)式から、  
 $t = (w/g) * (P/\Delta)$

なので、図5(c)の直線の傾き $\gamma$ は、 $(w/g)$ となる。ここで、加工溝幅 $g$ を一定としているので、直線の傾き $\gamma$ は、放電パルス1発あたりの加工量 $w$ を表している。図5(c)において、アルミの傾き $\gamma$ が大きく、超硬WCの傾き $\gamma$ が小さいということは、放電パルス1発あたりの加工量 $w$ が、アルミは大きく、超硬WCでは小さいことを意味している。これは、一般に、アルミは放電加工がしやすく、超硬WCは放電加工がしにくいことと一致する。

【0023】上述したように、移動量 $\Delta$ と放電パルス数 $P$ との関係は、被加工物の材質、被加工物の板厚 $t$ 、加\*  
 ワイヤ状電極の径： $\phi 1$

\*工溝幅 $g$ などによって変化するため、(5)式に基づいてワイヤ状電極に移動量 $\Delta x$ を制御するに当たっては、基準となる放電パルス数 $P_s$ と基準となる設定送り速度 $SPD (= \Delta s / T)$ との関係を予め求めておく。即ち、種々の材質の被加工物について、被加工物の板厚とワイヤ電極の径(加工溝幅)を種々変化させて、単位時間 $T$ 当たりの放電パルス数 $P/T (= P_s)$ と単位時間 $T$ あたりの移動速度 $\Delta/T (= \Delta s)$ との関係を求め、放電パルス数 $P$ と移動量 $\Delta$ との比、

$$\kappa = P / \Delta \cdots \cdots (6)$$

を表1～表3に示すように求めておく。なお、求めておいた $\kappa$ に設定送り速度 $SPD$ を乗じれば、基準となる放電パルス数 $P_s (= \kappa * SPD)$ を求めることができる。

【0024】

【表1】

板厚 材質	板厚1	板厚2	・・・	板厚j	・・・	板厚N
材質1	$\kappa_{111}$	$\kappa_{112}$	・・・	$\kappa_{11j}$	・・・	$\kappa_{11N}$
材質2	$\kappa_{121}$	$\kappa_{122}$	・・・	$\kappa_{12j}$	・・・	$\kappa_{12N}$
・・・						
材質i	$\kappa_{1i1}$	$\kappa_{1i2}$	・・・	$\kappa_{1ij}$	・・・	$\kappa_{1iN}$
・・・						
材質M	$\kappa_{1M1}$	$\kappa_{1M2}$	・・・	$\kappa_{1Mj}$	・・・	$\kappa_{1MN}$

【0025】

※ ※【表2】  
 ワイヤ状電極の径： $\phi 2$

板厚 材質	板厚1	板厚2	・・・	板厚j	・・・	板厚N
材質1	$\kappa_{211}$	$\kappa_{212}$	・・・	$\kappa_{21j}$	・・・	$\kappa_{21N}$
材質2	$\kappa_{221}$	$\kappa_{222}$	・・・	$\kappa_{22j}$	・・・	$\kappa_{22N}$
・・・						
材質i	$\kappa_{2i1}$	$\kappa_{2i2}$	・・・	$\kappa_{2ij}$	・・・	$\kappa_{2iN}$
・・・						
材質M	$\kappa_{2M1}$	$\kappa_{2M2}$	・・・	$\kappa_{2Mj}$	・・・	$\kappa_{2MN}$

【0026】

★40★【表3】

ワイヤ状電極の径:  $\phi 3$ 

板厚 材質	板厚1	板厚2	...	板厚j	...	板厚N
材質1	K311	K312	...	K31j	...	K31N
材質2	K321	K322	...	K32j	...	K32N
...						
材質i	K3i1	K3i2	...	K3ij	...	K3iN
...						
材質M	K3M1	K3M2	...	K3Mj	...	K3MN

【0027】放電加工を始めるに当たり、加工条件として設定された被加工物の材質・被加工物の板厚・ワイヤ状電極の径に基づいて、 $\kappa$ を上記の表から読み出し、読み出した $\kappa$ に設定送り速度SPDを乗じて基準となる放電パルス数Ps ( $=\kappa * SPD$ )を求める。そして、放電加工を行っている際は、単位時間当たりの放電パルス数Pを検出しながら(5)式に基づいて被加工物に対するワイヤ状電極の移動量(相対移動量)を制御する。

【0028】なお、加工条件として設定された板厚が上記の表に存在するとは限らないが、そのような場合は、表に存在する既知の $\kappa$ から設定板厚に対応する $\kappa$ を求めればよい。例えば、設定板厚が板厚1と板厚2との間にある場合は、板厚1に対応する $\kappa 1$ と板厚2に対応する $\kappa 2$ とから比例配分などの方法によって、設定板厚に対応する $\kappa$ を求めることができる。又、板厚1～板厚Nに対応する $\kappa$ の値から板厚に対する $\kappa$ の近似曲線を求めて、設定板厚に対応する $\kappa$ を求めることもできる。あるいは、表を参照しながら、 $\kappa$ を手動で設定することも可能である。

【0029】又、実際に放電加工しようとする被加工物の材質が上記の表に存在しない場合も、以下のような考え方で $\kappa$ を設定することができる。(6)式に示すように、 $\kappa$ が大きいことは、同じ距離を加工するのに必要な放電パルス数が多いということ、即ち、放電パルス1発当たりの加工量wが小さいということを意味する。逆に、 $\kappa$ が小さいということは、同じ距離を加工するのに必要な放電パルス数が少ないということ、即ち、放電パルス1発当たりの加工量wが大きいということを意味する。このことから、放電加工が容易だとされる材質では $\kappa$ が小さくなり、放電加工が難しいとされる材質では $\kappa$ が大きくなる。従って、実際に放電加工しようとする被加工物の材質が上記の表に存在しない場合でも、過去の経験等\*

\*から、その材質の加工難易度がわかる場合は、その材質の加工難易度と同じ位の加工難易度の材質を上記の表から探して、被加工物の材質として設定すればよい。あるいは、実際に放電加工しようとする被加工物の加工難易度が、材質Aの加工難易度と材質Bの加工難易度との中間位であるということが分かる場合は、材質Aの $\kappa$ と材質Bの $\kappa$ との中間の値を手動で設定してもよい。

【0030】次に、休止時間の制御について説明する。図8は、休止時間を説明するための被加工物5の加工状態と被加工物5とワイヤ状電極4間における加工電圧、電流の状態を示す図である。図8において、Px及びPx+1は $\Delta x$ 及び $\Delta x+1$ 位置での単位時間Tあたりの放電パルス数、Vx、Vx+1はそれぞれの平均加工電圧、Vpは無負荷電圧、Tonは電流パルス巾、Toffは休止時間、Tw(x)及びTw(x+1)はそれぞれ単位時間Tあたりの平均無負荷時間とする。又、Ps、Vs、Tw(s)は、単位時間Tあたりの基準となる放電パルス数、平均加工電圧、平均無負荷時間とする。

$$\begin{aligned}
 P_x &= T / (T_w(x) + T_{ON} + T_{OFF}) \\
 P_{x+1} &= T / (T_w(x+1) + T_{ON} + T_{OFF}) \\
 P_s &= T / (T_w(s) + T_{ON} + T_{OFF}) \\
 V_x &= V_p * T_w(x) / (T_w(x) + T_{ON} + T_{OFF}) \\
 V_{x+1} &= V_p * T_w(x+1) / (T_w(x+1) + T_{ON} + T_{OFF}) \\
 V_s &= V_p * T_w(s) / (T_w(s) + T_{ON} + T_{OFF})
 \end{aligned}$$

さらに、 $T_{ON} \ll T_w + T_{OFF}$ として、それぞれの $T_w + T_{ON} + T_{OFF}$ を実質の休止時間 $\tau$ に置き換え上式を整理する。

$$T_w(x) + T_{OFF} = \tau_x \quad \dots\dots (7)$$

$$T_w(x+1) + T_{OFF} = \tau_{x+1} \quad \dots\dots (8)$$

$$T_w(s) + T_{OFF} = \tau_s \quad \dots\dots (9)$$

$$P_x = T / \tau_x \quad \dots\dots (10)$$

$$P_{x+1} = T / \tau_{x+1} \quad \dots\dots (11)$$

$$P_s = T / \tau_s \quad \dots\dots (12)$$

$$V_x = V_p * (\tau_x - T_{OFF}) / \tau_x = V_p * (1 - T_{OFF} / \tau_x) \dots (13)$$

$$V_{X+1} = V_P * (\tau_{X+1} - T_{OFF}) / \tau_{X+1} \\ = V_P * (1 - T_{OFF} / \tau_{X+1}) \cdots \cdots (14)$$

$$V_S = V_P * (\tau_S - T_{OFF}) / \tau_S \\ = V_P * (1 - T_{OFF} / \tau_S) \cdots \cdots (15)$$

また、それぞれの単位時間Tあたりの平均加工電流  $I_m(s)$ 、 $I_m(x)$ 、 $I_m(x+1)$ 、及び平均加工電流密度  $I_d(s)$ 、 $I_d(x)$ 、 $I_d(x+1)$  は次\*

$$I_m(s) = I_P * T_{ON} * P_S \cdots \cdots (16)$$

$$I_d(s) = I_m(s) / (t * g) \cdots \cdots (17)$$

$$I_m(x) = I_P * T_{ON} * P_X \cdots \cdots (18)$$

$$I_d(x) = I_m(x) / (t * g) \cdots \cdots (19)$$

$$I_m(x+1) = I_P * T_{ON} * P_{X+1} \cdots \cdots (20)$$

$$I_d(x+1) = I_m(x+1) / (t * g) \cdots \cdots (21)$$

前記(5)式と上式により次式を得る。

$$\Delta S / \Delta x = P_S / P_X = I_d(s) / I_d(x) \cdots \cdots (22)$$

$$\Delta S / \Delta x + 1 = P_S / P_{X+1} = I_d(s) / I_d(x+1) \cdots \cdots (23)$$

即ち、この(22)式、(23)式が意味することは、前記(5)式に基づいて加工送りすると、単位時間Tあたりの平均加工電流密度も増減することを意味している。

【0031】この点、図6について説明する。図6(a)は、横軸は放電間隙内のスラッジ濃度Sc、縦軸は平均加工電圧Vmである。グラフは放電加工時のスラッジ濃度Scと平均加工電圧Vmの推移を表している。スラッジ濃度Scが高くなり始めるとスラッジを介した微小導電路が放電のきっかけとして数多く検出されて平均加工電圧Vmはグラフのような曲線を辿ると考えられる。図6(b)について説明する。横軸は放電間隙内のスラッジ濃度Sc、縦軸は単位時間あたりに発生する放電パルス数Pと実質休止時間 $\tau$ である。グラフは放電加工時の時々刻々変化するスラッジ濃度Scと単位時間あたりの放電パルス数P及び実質休止時間 $\tau$ の推移を表している。スラッジ濃度Scが高くなり始めるとスラッジを介した微小導電路が放電のきっかけとして数多く検出されて放電パルスの投入が増加し、実質休止時間 $\tau$ が最小になるグラフのような曲線を辿る。無負荷時間Twも短くなり、前述の放電生成の特殊性から集中放電に移行して、ワイヤ断線や面荒さの悪化及び溝幅の不均一の原因となる。従来は予め休止時間T<sub>OFF</sub>を大き目に設定してこのような最悪の状況となるのを回避した。さらに被加工物端面の切込み時に加工面積が小さいために放電が集中したり、また放電部への加工液量が逃げて冷却が不足する場合も予め大き目の休止時間T<sub>OFF</sub>を設定していた。

\*式により得られる。なおtは板厚、gは加工溝幅である。

※【0032】本発明ではかかる問題に対し放電パルス数が限度を越えて増加しないよう自動的に休止時間(T<sub>OFF</sub>)を変えることで解決した。図7(a)について説明する。横軸は実質の休止時間 $\tau$ 、縦軸は単位時間Tあたりの放電パルス数Pをとり、(11)、(12)式を図示したものである。前記(5)式に基づいて加工すると単位時間Tあたりの放電パルス数Pと実質休止時間 $\tau$ は加工量とスラッジ濃度Scにしたがって図7(a)に示す実線を辿るようにして変化する。いま最適な放電パルス密度が得られる基準放電パルス数P<sub>S</sub>とその時の実質休止時間 $\tau_S$ を線上のB点に設定して、基準放電パルス数P<sub>S</sub>を越える放電パルス数P<sub>X+1</sub>が発生する時の休止時間制御について説明する。

【0033】図7(a)のP<sub>X+1</sub> > P<sub>S</sub>なるA点の放電パルス数P<sub>X+1</sub>を基準放電パルス数P<sub>S</sub>に近づけるようにするためには実質休止時間 $\tau_{X+1}$ と $\tau_S$ の差だけ、即ち無負荷休止時間Twが短くなった分だけ設定基準休止時間T<sub>OFF</sub>(s)を図9のように延長すればよい。図9は、ワイヤ状電極と被加工物間の電圧波形を示す図であり、図9(c)は図7(a)におけるB点の電圧波形で、基準電圧波形である。又、図9(b)は図7(a)におけるA点の電圧波形で、本発明を適用する前の波形である。そして、図9(a)は図7(a)における本発明を適用したときのA点の電圧波形を示すものである。この図9から明かのように、図9(b)では放電回数が多いが、図9(a)では少なくなっていることが分かる。制御する休止時間をT<sub>OFF</sub>(X+1)とすれば次式を得る。

$$\tau_S - \tau_{X+1} = T_{OFF}(X+1) - T_{OFF}(s) \cdots \cdots (24)$$

$$\therefore T_{OFF}(X+1) = \tau_S - \tau_{X+1} + T_{OFF}(s) \cdots \cdots (25)$$

(11)、(12)式より次式を得る。

$$T_{OFF}(X+1) = (1/P_S - 1/P_{X+1}) * T + T_{OFF}(s) \cdots \cdots (26)$$

即ち、最適な放電パルス密度を得るB点に一致させるよ★50★う休止時間を制御するには、B点の基準となる放電パル

ス数 $P_s$ の逆数とA点における放電パルス数 $P_{x+1}$ の逆数との差分を単位時間 $T$ ごとに求め、その差分だけ基準休止時間 $T_{OFF}(s)$ から延長することにより達成される。

【0034】次に図7(b)において基準放電パルス数 $P_s$ を下回るC点、即ち放電パルス数 $P_x$ が発生する時の休止時間制御について説明する。図7(a)と同様に横軸は実質の休止時間 $\tau$ 、縦軸に放電パルス数 $P$ 及び平均加工電圧 $V_m$ をとり(10)、(12)及び(13)、(15)式からそれぞれのグラフを辿るようにして変化する。通常C点は加工量が少ないために、長い無

負荷時間 $T_w(x)$ をもつ実質休止時間の長い放電パルスが図10(b)のように発生する。しかし、前述の放\*

$$V_P * (\tau_x - T_{OFF}(x)) / \tau_x = V_P * (\tau_s - T_{OFF}(s)) / \tau_s$$

..... (27)

$$\therefore T_{OFF}(x) = T_{OFF}(s) * \tau_x / \tau_s \quad \text{..... (28)}$$

(10)、(12)式より整理すれば次式を得る。

$$T_{OFF}(x) = T_{OFF}(s) * (P_s / P_x) \quad \text{..... (29)}$$

即ち、基準休止時間 $T_{OFF}(s)$ に基準となる放電パルス数 $P_s$ と放電パルス数 $P_x$ の比率の逆数を乗じた値に休止時間 $T_{OFF}(x)$ を変更することにより本目的は達成される。このように(26)式、(29)式に基づく評価関数に基づいて、予めエネルギーの余剰投入を抑えるように放電休止時間を制御する。

【0036】なお、(26)(29)式に基づいて放電休止時間を制御するに当たっては、上述したのと同様に、種々の材質、板厚、ワイヤ状電極の径について予め求めておいた $\kappa$ を用いることができる。この場合、求めた $\kappa$ に設定送り速度SPDを乗じて基準となる放電パルス数 $P_s (= \kappa * SPD)$ を求め、この放電パルス数 $P_s$ を用いて、(26)(29)式の演算を行う。

【0037】図10は、ワイヤ状電極と被加工物間の電圧波形を示す図であり、図10(c)は図7(b)におけるB点の電圧波形で、基準電圧波形である。又、図10(b)は図7(b)におけるC点の電圧波形で、本発明を適用する前の波形である。そして、図10(a)は図7(b)における本発明を適用したときのC点の電圧波形を示すものである。

【0038】加工開始時やコーナ部での空送りが生じる部分の加工では、ワイヤ状電極と被加工物間に電圧を印加しても放電が発生しにくく(無負荷休止時間 $T_w$ が大きい)、放電パルス数 $P_x$ は基準パルス数 $P_s$ よりも小さい。そのため、(29)式で求められる休止時間 $T_{OFF}(x)$ は、基準の休止時間 $T_{OFF}(s)$ よりも大きなものとなる。しかし、その間被加工物に対してワイヤ状電極は相対的に移動してそのギャップは小さくなることから、無負荷休止時間 $T_w$ が小さくなり放電が早く生じ単位時間 $T$ 内の放電パルス数 $P_s$ は増加すること※

$$P_s \propto Q_s / w \quad \text{..... (30)}$$

$$P_x \propto Q_x / w \quad \text{..... (31)}$$

\*電生成の特殊性からスラッジを介する無負荷時間 $T_w(x)$ の短い放電パルスの連続する可能性も内包してワイヤ断線の原因となっていた。即ち、平均加工電圧のC'点からB'点を越えて瞬時に電圧が低下、無負荷時間 $T_w(x)$ の短い放電パルスが間隙に投入される現象をよく観察する。したがってこの短い放電パルスが間隙に投入されないようにするには平均加工電圧が加工中にB'点を越えて低下しても実質休止時間 $\tau_x$ が $\tau_s$ を越えてそれ以下にならないよう図10(a)で示すように予め休止時間を延長しておけば本目的は達成される。

【0035】即ち、点B'とC'の平均加工電圧を等しくすることから制御する休止時間を $T_{OFF}(x)$ とすれば(13)、(15)式より次式を得る。

※になる。放電パルス数 $P_s$ が増加すれば、(29)式で求められる休止時間 $T_{OFF}(x)$ は短くなり、基準の休止時間 $T_{OFF}(s)$ に近づいてくる。

【0039】放電パルス数 $P_x$ が基準パルス数 $P_s$ を越え、(26)式の演算によって、休止時間 $T_{OFF}(x+1)$ が求められ、この休止時間 $T_{OFF}(x+1)$ は、基準の休止時間 $T_{OFF}(s)$ より長くなる。休止時間 $T_{OFF}(x+1)$ が長くなればなるほど放電パルス数 $P_{x+1}$ は小さくなる方に作用する(無負荷休止時間 $T_w$ が一定であるとする)、休止時間 $T_{OFF}(x+1)$ が長くなれば放電パルス数 $P_{x+1}$ は小さくなる)。このようにして、放電パルス数 $P_x$ が基準パルス数 $P_s$ に一致するように休止時間 $T_{OFF}(x)$ が制御されることになる。

【0040】一方、放電パルス数が増動すれば、その放電によって加工される加工量、及び温度上昇が増動することになる。そこで、本発明は、単位時間 $T$ あたりの放電パルス数の増減に伴う間隙の温度上昇を制御し、加工によって生じるスラッジを排出するための冷却液(加工液)の液量(流量)を制御する。すなわち、単位時間 $T$ あたりの放電パルス数が増大し加工量が多い時には間隙の温度上昇を抑えるために冷却液量を増大し、スムーズにスラッジを排除する。また加工量が小さく単位時間 $T$ あたりの放電パルス数が少ない時は冷却液量を少なくして過冷却を防ぎ、ワイヤの振動を抑制して放電を安定させる。

【0041】図11、図12は、加工状態と冷却液量の関係を説明するための説明図である。この図11から次の関係を得る。

17

$$Q_x / FR_x \propto Q_s / FR_s$$

ここで $w$ は放電パルス1発あたりのスラッジ量、 $Q_s$ 、 $Q_x$ は放電パルス数 $P_s$ 、 $P_x$ で除去されるスラッジ \*  
 $FR_x \propto FR_s * (P_x / P_s)$

即ちスラッジの量に応じて液量を制御するには基準となる設定 $FR_s$ に基準となる放電パルス数 $P_s$ と変化時の放電パルス数 $P_x$ の比率を乗じた値になるような評価関数を作成して液量 $FR$ を変更することにより達成される。

【0042】なお、(33)式に基づいて液量 $FR$ を変更するに当たっては、上述したと同様に、種々の材質、板厚、ワイヤ状電極の径について予め求めておいた $\kappa$ を用いることができる。すなわち、求めた $\kappa$ に設定送り速度 $SPD$ を乗じて基準となる放電パルス数 $P_s (= \kappa * SPD)$ を求め、この放電パルス数 $P_s$ を用いて(33)式の演算を行う。

【0043】以上説明した本発明の原理に基づいて、以下本発明の実施形態を説明する。図1は本発明の一実施形態のワイヤ放電加工機の制御装置の要部を示すブロック図である。なお、図18に示した従来例と同一の要素は同一符号を付している。図1において1は放電パルス電流を生成するトランジスタなどの能動素子からなる回路、コンデンサの充放電回路、直流電源等から構成する放電パルス発生装置で、出力の一方は上下にある通電ブラシ3に接続され、他方は被加工物5に接続され、走行するワイヤ状電極4と被加工物5の間に放電パルス電流を供給する。2は間隙の状況を検出するための検出電圧を生成するトランジスタなどの能動素子と抵抗、コンデンサ等からなる回路、直流電源等から構成する検出電圧発生装置で、出力の一方は被加工物5に接続され、もう一方は上下にある通電ブラシ3に接続されている。被加工物5を搭載したテーブル(図示せず)は、移動手段を構成するX軸駆動モータ制御装置10、Y軸駆動モータ制御装置11及び送りパルス分配装置12によって駆動制御される。

【0044】6は検出電圧によって間隙が放電可能か否かを判別する放電間隙検出装置で、入力の方は被加工物5に接続され、もう一方は上下にある通電ブラシ3に接続されている。そして放電可能と判断されたとき放電パルス投入信号を放電パルス発生装置1に出力する。同時に放電パルス数計数装置7にも出力する。

【0045】放電パルス数計数装置7は、演算クロック14から出力される単位時間(所定周期) $T$ 毎の信号に基づいて、該周期間の放電パルス投入信号を計数するものであり、実質的にワイヤ状電極4と被加工物5間に生じる放電パルスを計数するものである。

【0046】8は予め入力する基準となる放電パルス数 $P_s$ を記憶しておく基準放電パルス数記憶装置である。放電パルス数比較判断装置9は、放電パルス数計数装置7で単位時間(所定周期) $T$ 毎計数し記憶した放電パル

18

..... (32)

\*量、 $FR_s$ 、 $FR_x$ はそれぞれの液量である。上式(30)、(31)、(32)より次式を得る。

..... (33)

※ス数 $P_x$ と基準放電パルス数記憶装置8から入力される予め記憶している基準放電パルス数 $P_s$ とを前記単位時間(所定周期) $T$ 毎比較し、放電パルス数 $P_x$ と基準放電パルス数 $P_s$ 比率( $P_x / P_s$ )を送りパルス演算装置13、放電休止時間制御装置16及び液量制御装置17に出力する。

【0047】送りパルス演算装置13は、演算クロック14からの所定周期 $T$ 毎の信号ごとに、送り速度設定手段15から送られてくる送り速度 $SPD$ と所定周期 $T$ より求められる距離( $SPD * T$ )に、放電パルス数比較判断装置9から送られてくる放電パルス数 $P_x$ と基準放電パルス数 $P_s$ との比率( $P_x / P_s$ )を乗じて移動量(距離) $\Delta x$ を求める。すなわち前記(5)式の演算を行って移動量 $\Delta x$ を求め、この移動量 $\Delta x$ だけのパルス列を送りパルス分配装置12に出力する。送りパルス分配装置12は、このパルス列より加工プログラムに従ってX軸、Y軸の駆動パルスをX軸駆動モータ制御装置10、Y軸駆動モータ制御装置11に分配し、被加工物を搭載したテーブルを駆動するX軸モータ、Y軸モータをそれぞれ駆動する。

【0048】放電休止時間制御装置16は放電パルス数比較判断装置9から出力される比率( $P_x / P_s$ )に応じて、 $P_x \leq P_s$ の場合には、(29)式の演算を行い、 $P_x > P_s$ の場合には、(26)式の演算を行い、休止時間 $T_{OFF}$ を求め、検出電圧発生装置2に出力する。検出電圧発生装置2は、この休止時間 $T_{OFF}$ だけ休止した後に、ワイヤ状電極4と被加工物5間に電圧を印加することになる。このようにして、予めエネルギーの余剰投入を抑えるように設定した評価関数に基づき放電休止時間を制御する。又、液量制御装置17は放電パルス数比較判断装置9から出力される放電パルス数 $P_x$ と基準放電パルス数 $P_s$ 比率( $P_x / P_s$ )に基づいて、(33)式で示されるような評価関数に基づいて液量を制御する。

【0049】以上のようにして、所定時間毎に、放電パルス数 $P_x$ と基準放電パルス数 $P_s$ との比率( $P_x / P_s$ )等に基づいて、移動距離、休止時間、冷却液量が制御されエネルギーの過剰投入を抑え、加工速度を向上させると共に加工精度をも向上させることができた。

【0050】図2は本発明の第2の実施形態に係わるワイヤ放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。図1に示す第1の実施形態と異なる部分のみを説明する。この第2の実施形態では、放電パルス数を計数記憶する代わりに放電パルス電流の積分値を電流検出回路18と放電パルス電流積分値演算記憶装置19とから求め、基準となる放電パルス数の代わりに基準放電パルス電流積

## 第一次审查意见通知书正文

申请号：2004100079861

本申请涉及一种电火花加工机床的控制器，如说明书所述，本申请要解决的技术问题是，“控制进给速度使每单位时间的加工量保持恒定，取得稳定的加工以及高表面精度”。

权利要求1所要求保护的技术方案不具备专利法第二十二条第二款规定的新颖性。对比文件1公开了一种用于放电加工机的控制器，该控制器通过在线电极和工件之间产生放电，同时使导线电极和工件相对移动执行放电加工，并具体公开了以下的技术特征“确定单元9，确定每个预定周期内的放电次数与参考放电次数的比值；移动单元，根据确定单元确定的放电次数比值和由此可以确定的加工速率来控制导线电极和工件的相对移动，以便当加工速率增加时相对移动的速度降低”（参见该对比文件1的说明书第0016段至0022段，附图1）。该权利要求要求保护的技术方案与所公开的内容相比，所不同的仅仅是文字表达上略有不同，其技术方案实质上是相同的，且二者属于相同的技术领域，产生相同的技术效果，因此该权利要求请求保护的技术方案不具备专利法第二十二条第二款规定的新颖性。

权利要求2同样不具备新颖性。权利要求2的附加技术特征是通过获得的放电次数和参考放电次数的比较来确定加工速率，这一特征同样被对比文件1的同一个实施例所公开（参见对比文件1的说明书第0016段至0022段，附图1）。当其引用的权利要求1不具备新颖性时，该权利要求2同样不具备新颖性。

权利要求3没有以说明书为依据，不符合专利法第二十六条第四款的规定。该权利要求中使用的上位概念“加工速率确定装置”和“移动控制装置”概括了一个过宽的保护范围，但在说明书中仅给出了包括“加工速率检测单元(压降计算装置)”、“参考加工速率存储单元(参考值存储装置)”、“比较/确定单元(比较装置)”、“进给脉冲计算单元”、“响应运算时钟”和“驱动电机控制单元”的控制器实施方式。依据本申请文件所记载的内容，所属技术领域的技术人员难于预见该上位概念所概括的除本申请实施方式之外的所有方式均能解决其技术问题，因此该权利要求得不到说明书的支持。申请人应当将该上位概念具体限定为“加工速率检测单元或压降计算装置”、“参考加工速率存储单元或参考值存储装置”、“比较/确定单元或比较装置”、“进给脉冲计算单元”、“响应运算时钟”和“驱动电机控制单元”，并说明各装置之间的物理连接关系和数据传输关系。

权利要求4中记载的特征“移动装置”和“控制装置”在说明书的实施例中沒有记载，因此该权利要求没有以说明书为依据，不符合专利法第二十六条第四款的规定。

专利法中对于“权利要求应当以说明书为依据”的规定，不但要求形式上的支持也要求实质上的支持，因此虽然这些技术特征记载在说明书的发明内容部分，也因没有在本实施例中进行必要的描述而得不到说明书实质上的支持。申请人应当用说明书中记载的内容来限定权利要求，如说明书中给出的“进给脉冲计算单元”、“响应运算时钟”和“驱动电机控制单元”。同样地，权利要求5和6也得不到说明书的支持，不符合专利法第二十六条第四款的规定。

权利要求4和5的唯一区别在于前者用比较结果进行控制，后者用比值（即一种比较结果）与其他值的乘积作为移动量进行控制（虽然字面上还有一处区别：“压降计算装置”与“压降确定装置”不同，但根据说明书记载的内容，二者所指的是相同的装置，完成相同的功能），可见权利要求5相对于权利要求4的区别特征是对权利要求4的进一步限定，因此权利要求5是权利要求4的从属权利要求。该权利要求5不符合专利法第二十三条第一款的对从属权利要求撰写的规定。申请人应当将其改写为引用权利要求4的从属权利要求的形式。

权利要求6引用权利要求5，其附加技术特征中“所述比值“被确定为”存储在所述参考值存储装置中的预定值与所述压降计算装置所确定的压降的比值”，而其引用的权利要求5中“所述比值”为“所述压降计算装置所确定的压降与保存在所述参考值存储装置中的预定值的比值”。这种前后矛盾的定义造成了该权利要求不清楚，不符合专利法实施细则第二十条第一款的规定。

本申请的说明书中在描述同一技术特征时采用了不同的技术术语，例如“偏移”和“偏离”、“增益”和“增进”，不符合专利法实施细则第十八条第三款（参见审查指南第二部分第二款第2.2.7）的规定。申请人应对此作出修改。

附带一提的是，修改后的独立权利要求之间应具有单一性以符合专利法第三十一条第一款的规定；并确保不出现保护范围相同的多项权利要求，以符合专利法实施细则第二十条第一款有关权利要求应当简明的规定；另外修改后的独立权利要求应根据对比文件1合理划分前序部分和特征部分，以符合专利法实施细则第二十二条第一款的规定。

申请人应当在本通知书指定的答复期限内对本通知书提出的问题逐一进行答复，必要时应修改专利申请文件，否则本申请将难以获得批准。申请人对申请文件的修改应当符合专利法第三十三条的规定，不得超出原说明书和权利要求书记载的范围。

审查员：李丹丹

代码：2274

分値記憶装置20を設け、そして比較する放電パルス電流積分値比較判断回路21によって送りパルス、放電休止時間、液量制御のための比率を演算出力する。

【0051】即ち、基準となる放電パルス数 $P_s$ の代わりに、基準となる放電パルス電流積分値を設定し、加工中の時々刻々変化する単位時間 $T$ 当たりの放電パルス数 $P_x$ を計数する代わりに、加工中の放電パルス電流積分値を演算すればよい。又、 $\kappa$ を求めたのと同様に、種々の材質、板厚、ワイヤ状電極の径について基準となる値を求めておき、これを利用することもできる。

【0052】この第2実施形態では、放電パルス数の代わりに、放電パルス電流積分値を用いる点で相違するものであり、他は第1の実施形態と同一であり、動作作用、効果も同一である。図14は $\phi 0.2\text{mm}$ （材質真鍮）のワイヤ状電極を使って板厚 $60\text{mm}$ の被加工物（材質SKD11）に端面から切込み加工した時のモニタ波形である。横軸は加工経過時間（10秒/目盛）、左側の縦軸に加工電圧（V）、休止時間（ $\mu$ 秒）、単位時間あたりの放電パルス数を、右側の縦軸に加工速度（ $\text{mm}/\text{分}$ ）、加工電流（A）を取る。以下、加工経過時間にしたがって説明する。

【0053】モニタを始めてから18秒経過位までは加工電圧70V、休止時間は12 $\mu$ 秒、放電パルス数は0レベル、加工電流は0A、加工速度は3.5 $\text{mm}/\text{分}$ で推移、従来方法による加工送りを実行している。18秒から20秒に至るまでに加工電圧が60V以下まで下がり、加工電流が流れ始める。この時点を検出して本発明の送りが始まる。加工量が増えるにつれて放電パルス数も対応して徐々に増え、同時に休止時間も徐々に設定休止時間に漸近する。加工速度は約1 $\text{mm}/\text{分}$ から徐々に速度を上げ、約60秒後にほぼ目標の加工性能レベルに達している。この結果から端面切込みの際の課題である集中放電と加工液の逃げによる放電部分への液量不足などによる断線から回避できていることが確認できた。

【0054】図15は図13に示すパンチ形状を切り取り加工した時のコーナ部分通過時のモニタ波形である。ワイヤ状電極は $\phi 0.2\text{mm}$ （材質真鍮）、被加工物は板厚 $60\text{mm}$ （材質SKD11）である。横軸は加工経過時間（10秒/目盛）、左側の縦軸に加工電圧（V）、休止時間（ $\mu$ 秒）、単位時間あたりの放電パルス数を、右側の縦軸に加工速度（ $\text{mm}/\text{分}$ ）、加工電流（A）を読む。加工時間の経過にしたがって説明する。

【0055】モニタを始めてから26秒経過まではコーナ直前を示している。加工電圧は約42V、休止時間は約12 $\mu$ 秒、放電パルス数は約30レベル、加工電流は約3.6A、加工速度は約1.5 $\text{mm}/\text{分}$ で推移している。26秒過ぎで直角コーナに入り、約32秒経過時点で間隙分を追い込むまでに加工電圧は約50V、休止時間は約20 $\mu$ 秒、放電パルス数は約20レベル、加工電流は約2A、加工速度は約1 $\text{mm}/\text{分}$ に推移し、投入エ

ネルギーを低下させている。その後、徐々に速度を上げて約60秒後にほぼコーナ直前の加工状態に復帰している。従来制御によるコーナでの課題、即ち送り過ぎと投入エネルギー過多による集中放電が回避されていることが確認できる。

【0056】図16は $\phi 0.2\text{mm}$ （材質：真鍮）のワイヤ状電極を使って板厚 $60\text{mm}$ の被加工物（材質：ダイス鋼）を図17に示す1辺が10 $\text{mm}$ でピッチが1.5 $\text{mm}$ のジグザグ形状を約1時間に亘って連続加工を行い、加工電圧、加工電流、休止時間、加工速度をモニタしたものである。横軸は加工経過時間（2分/目盛）、左側の縦軸に加工電圧（V）、休止時間（ $\mu$ 秒）を、右側の縦軸に加工速度（ $\text{mm}/\text{分}$ ）、加工電流（A）を読む。加工時間の経過にしたがって説明する。加工スタートは端面からの切込みになるので本発明の制御により休止時間が約20 $\mu$ 秒に延長され、また対応して加工電流、加工速度もそれぞれ制御されている。加工速度の最大はコーナから約5 $\text{mm}$ 程度のところで迎える。その時の加工電圧は約35V、休止時間は約10 $\mu$ 秒、加工電流は約6.7A、加工速度は約2.6 $\text{mm}/\text{分}$ である。コーナ通過直後は本発明の制御により加工電圧が約47V前後まで上がるが、加工速度は逆に約1.5 $\text{mm}/\text{分}$ に低下し、加工電流は約3.6Aに減少している。このように従来制御における課題、即ち被加工物端面の切込み加工直後、及びコーナ通過直後における断線回避が本発明による長時間に亘る加工で確認されている。

【0057】

【発明の効果】本発明にて放電パルス数に対応する加工送りが実現できたので次の効果が得られた。

- ①. 最適な加工電流を維持することが可能となり、
- ②. 加工量の変化する切込み開始時やコーナ通過直後などでのワイヤ断線を回避できた。
- ③. 高いワイヤ張力で加工速度が大幅に向上した。
- ④. コーナ部の加工精度が向上した。
- ⑤. 加工拡大しろのばらつきが少なくなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示すワイヤ放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。

【図2】本発明の他の実施例を示すワイヤ放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。

【図3】加工量変化による移動量の生成を説明するための図である。

【図4】加工量変化に対する移動量の説明図である。

【図5】被加工物の材質による放電加工の特性を説明する説明図である。

【図6】スラッジ濃度と平均加工電圧、放電パルス数、実質休止時間の関係を説明する図である。

【図7】実質休止時間と放電パルス数、平均加工電圧の関係を説明するための図である。

【図8】休止時間と加工量等の関係を説明するための図

である

【図9】図7(a)におけるA点での休止時間制御を説明するための図である。

【図10】図7(b)におけるC点での休止時間制御を説明するための図である。

【図11】加工量変化による液量の制御を説明するための図である。

【図12】同加工量変化による液量の制御を説明するための図である。

【図13】図14、図15、図19のモニタ波形を取得したときの被加工物の形状である。

【図14】図13に示す形状を加工したときの加工開始直後の加工電圧、加工電流、放電パルス数、加工速度、休止時間のモニタ波形である。

【図15】図13に示す形状を加工したときのコーナ通過直後の加工電圧、加工電流、放電パルス数、加工速度、休止時間のモニタ波形である。

【図16】図17の形状を加工した時の加工電圧、加工電流、放電パルス数、加工速度、休止時間のモニタ波形である。

【図17】加工形状の例を示す図である。

【図18】従来の放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。

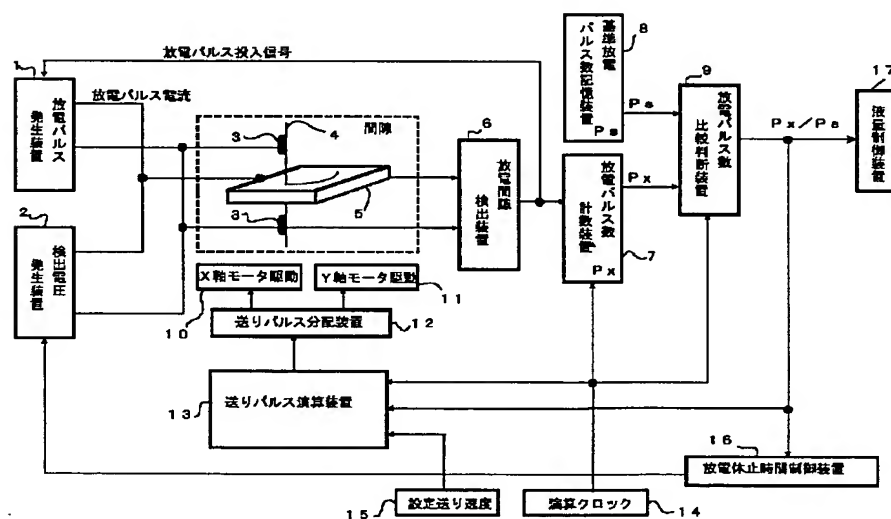
【図19】従来の放電加工機にて図13を加工したとき

の加工電圧、加工電流、放電パルス数、加工速度、休止時間のモニタ波形である。

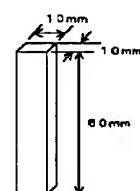
【符号の説明】

- 1 放電パルス発生装置
- 2 検出電圧発生装置
- 3 通電ブラシ
- 4 ワイヤ状電極
- 5 被加工物
- 6 放電間隙検出装置
- 7 放電パルス数計数装置
- 8 基準放電パルス数計数装置
- 9 放電パルス数比較判断装置
- 10 X軸モータ駆動装置
- 11 Y軸モータ駆動装置
- 12 送りパルス分配装置
- 13 送りパルス演算装置
- 14 演算クロック
- 15 送り速度設定手段
- 16 放電休止時間制御装置
- 17 液量制御装置
- 18 電流検出回路
- 19 放電パルス電流積分値演算記憶装置
- 20 基準放電パルス電流積分値記憶装置
- 21 放電パルス電流積分値比較判断装置

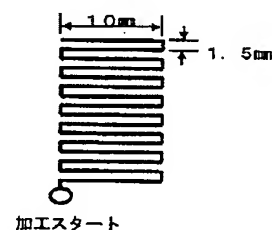
【図1】



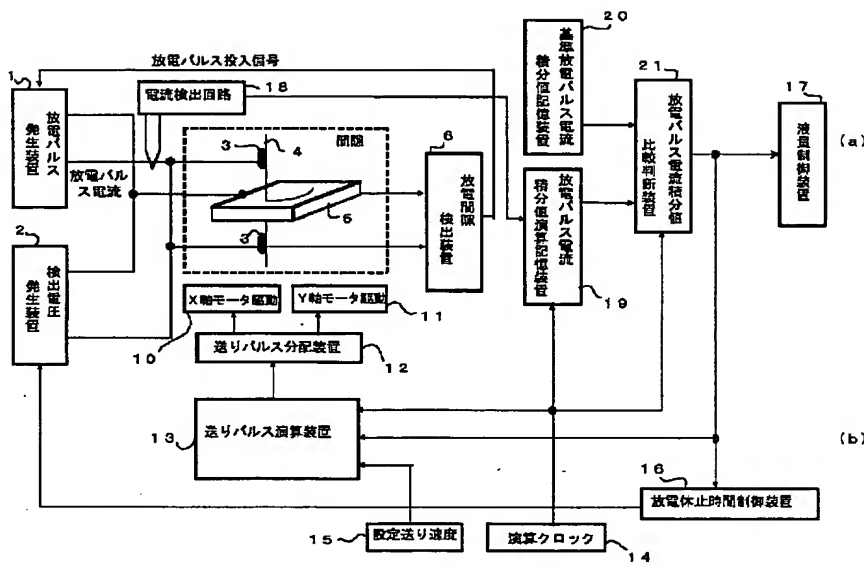
【图 13】



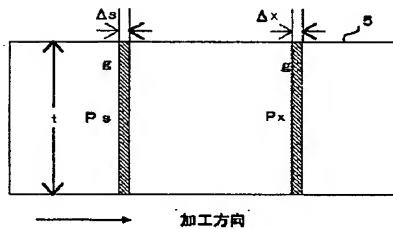
【图 17】



【図2】

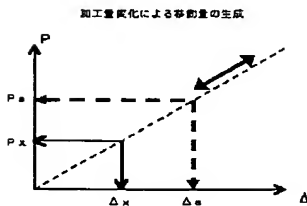


【図3】



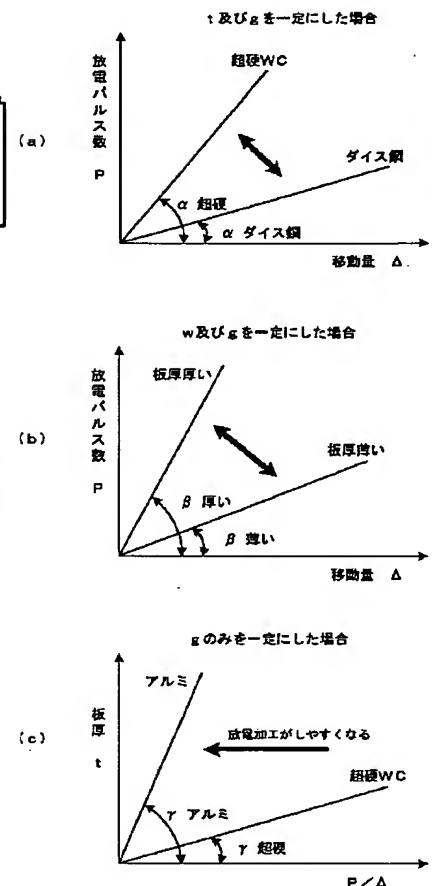
$P_0$  : 単位時間Tあたりの基準放電パルス数  
 $P_x$  : 単位時間Tあたりの放電パルス数  
 $\Delta_0$  : 基準速度放電パルス数  $P_0$  で移動できる距離  
 $\Delta_x$  : 単位時間Tあたりの放電パルス数  $P_x$  で移動できる距離  
 $w$  : 放電パルス1発あたりの加工量  
 $t$  : 板厚  
 $g$  : 加工深層  
 $P_0 \cdot w = \Delta_0 \cdot t \cdot g$   
 $P_x \cdot w = \Delta_x \cdot t \cdot g$

【図4】

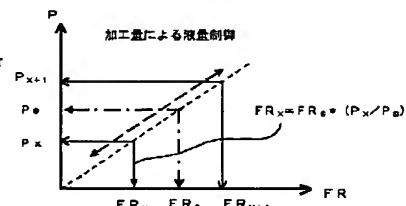


$SPD$  : 基準となる設定送り速度  
 $\Delta_0$  : 基準となる設定送り速度  $SPD$  で与えられる単位時間Tに移動できる距離  $\Delta_0 = SPD \cdot T$   
 $P_0$  : 基準放電パルス数  
 $P_x$  : 単位時間Tあたりの放電パルス数  
 $\Delta_x$  : 単位時間Tあたりの放電パルス数  $P_x$  で移動できる距離  
 $\Delta_x = \Delta_0 \cdot P_x / P_0$   
 $= SPD \cdot T \cdot (P_x / P_0)$

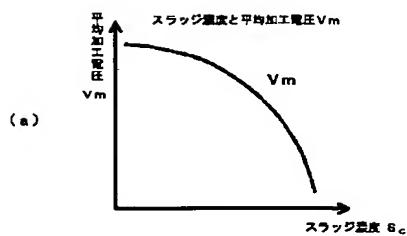
【図5】



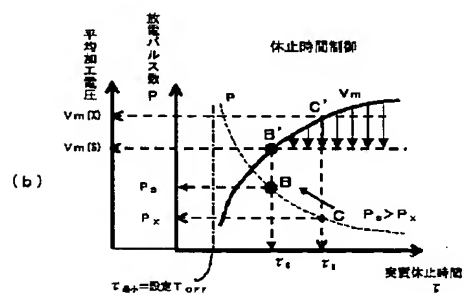
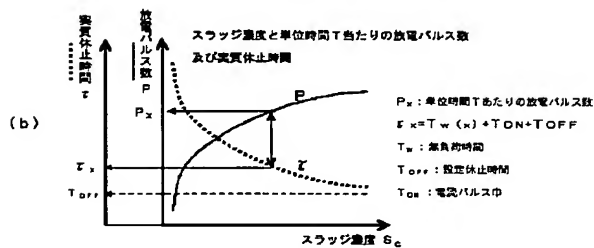
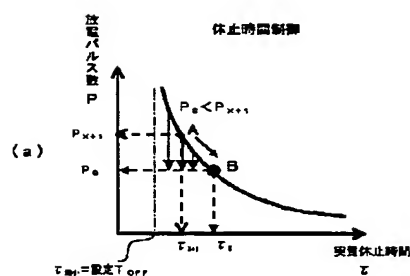
【図12】



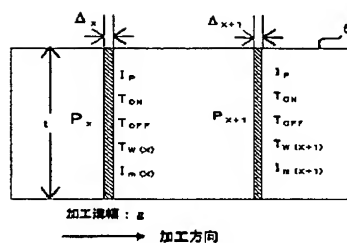
【図6】



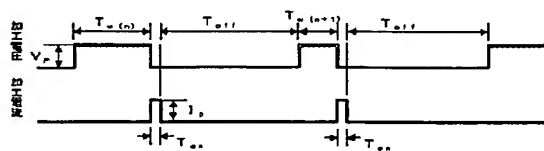
【図7】



【図8】



$I$  : 電流ピーク値 (A)  
 $T_{ON}$  : 電流パルス巾 ( $\mu s$ )  
 $T_{OFF}$  : 休止時間 ( $\mu s$ )  
 $T_W(x) + T_W(x+1)$  : 単位時間  $T$  あたりの平均無負荷時間 ( $\mu s$ )  
 $I_m(x) + I_m(x+1)$  : 単位時間  $T$  あたりの平均加工電流 (A)  
 $\Delta x$  : 単位時間  $T$  あたりの放電パルス数  $P_x$  で移動できる距離  
 $\Delta x+1$  : 単位時間  $T$  あたりの放電パルス数  $P_{x+1}$  で移動できる距離  
 $s$  : 加工深さ (mm)  
 $t$  : 板厚 (mm)



(a)  $\Delta_{x+1}$  部分の休止時間  
制御側の電圧波形

(b)  $\Delta_{x+1}$  部分  
電圧波形

(c)  $\Delta_x$  部分  
電圧波形

(a)  $\Delta$  = 部分の休止時間  
制御後の電圧波形

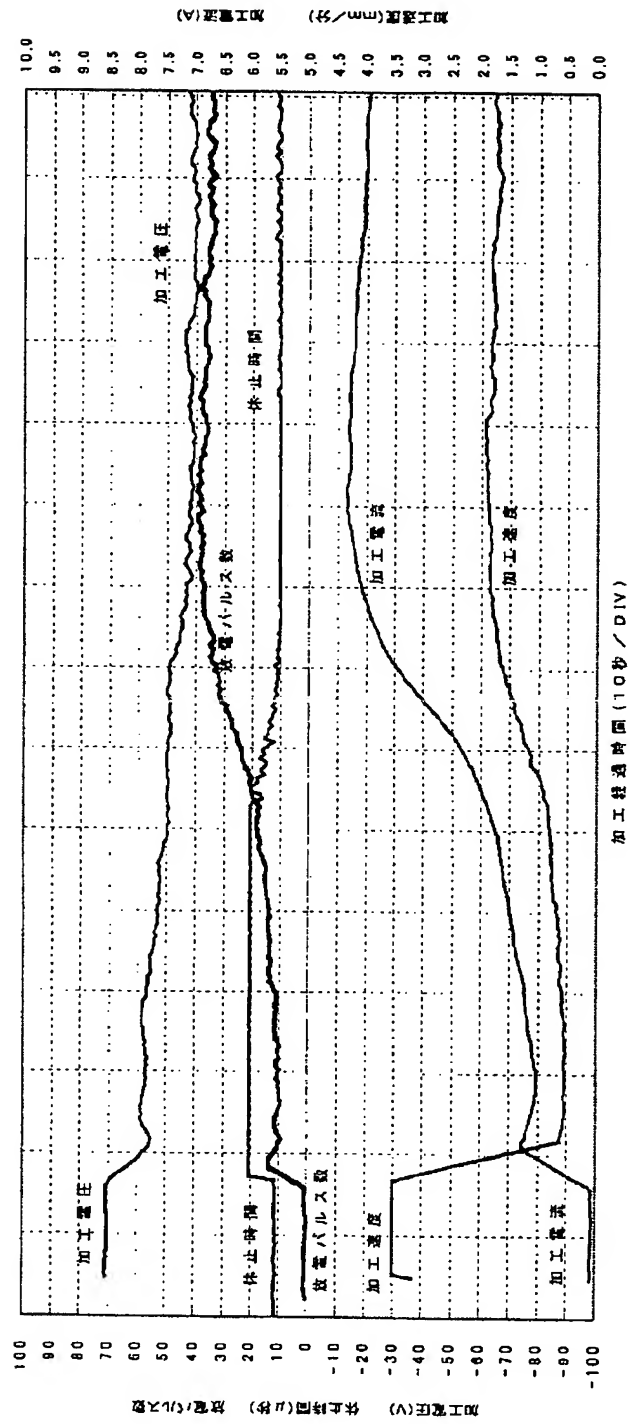
(b)  $\Delta$  = 部分  
電圧波形

(c)  $\Delta$  = 部分  
電圧波形

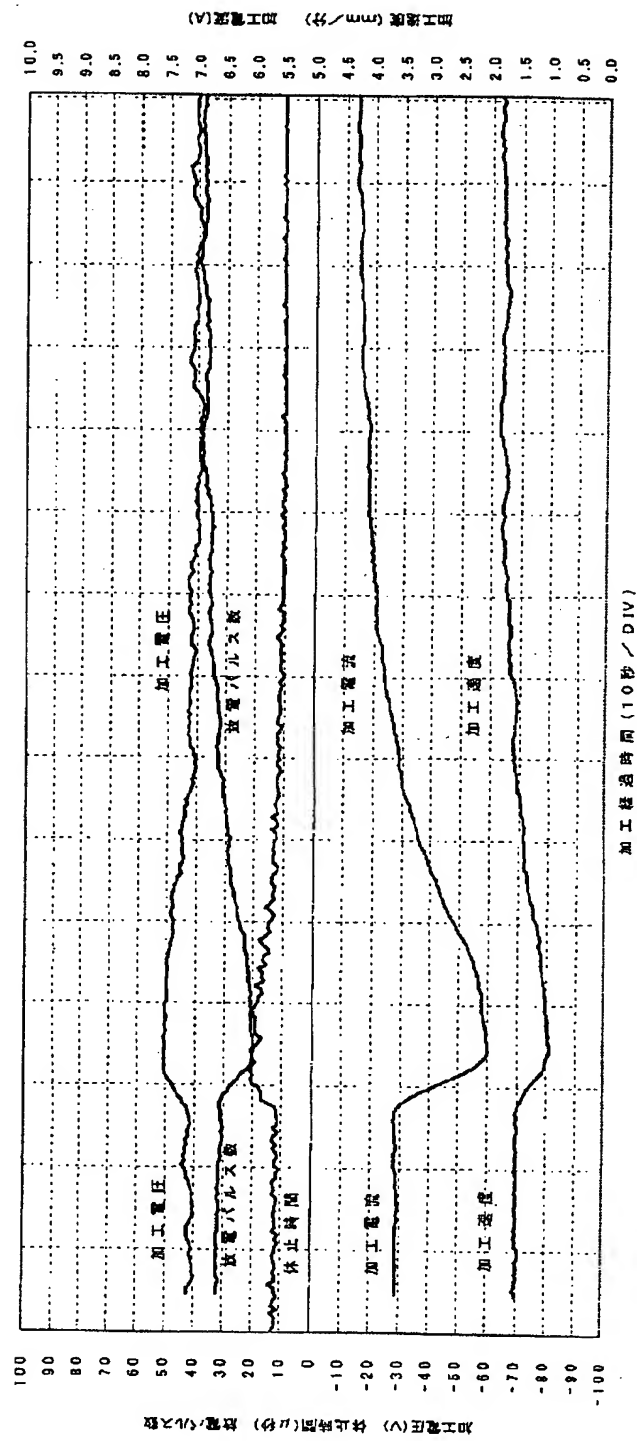
加工方向:  $\longrightarrow$

$A_s$ : 単位時間あたりの放電パルス数  $P_s$  で移動できる距離  
 $A_x$ : 単位時間あたりの放電パルス数  $P_x$  で移動できる距離  
 $t$ : 加工深堀 (mm)  
 $t$ : 板厚 (mm)  
 $w$ : 放電パルス 1 発あたりの加工量  
 $Q_a$ : 基準放電パルス数  $R$  で除去される加工量 = 設定流量  $F R$ ,  
 で除去されるスラッジ量  
 $Q_x$ : 単位時間あたりの放電パルス数  $R$  で除去される  
 加工量 = 流量  $F R$  で排出されるスラッジ量

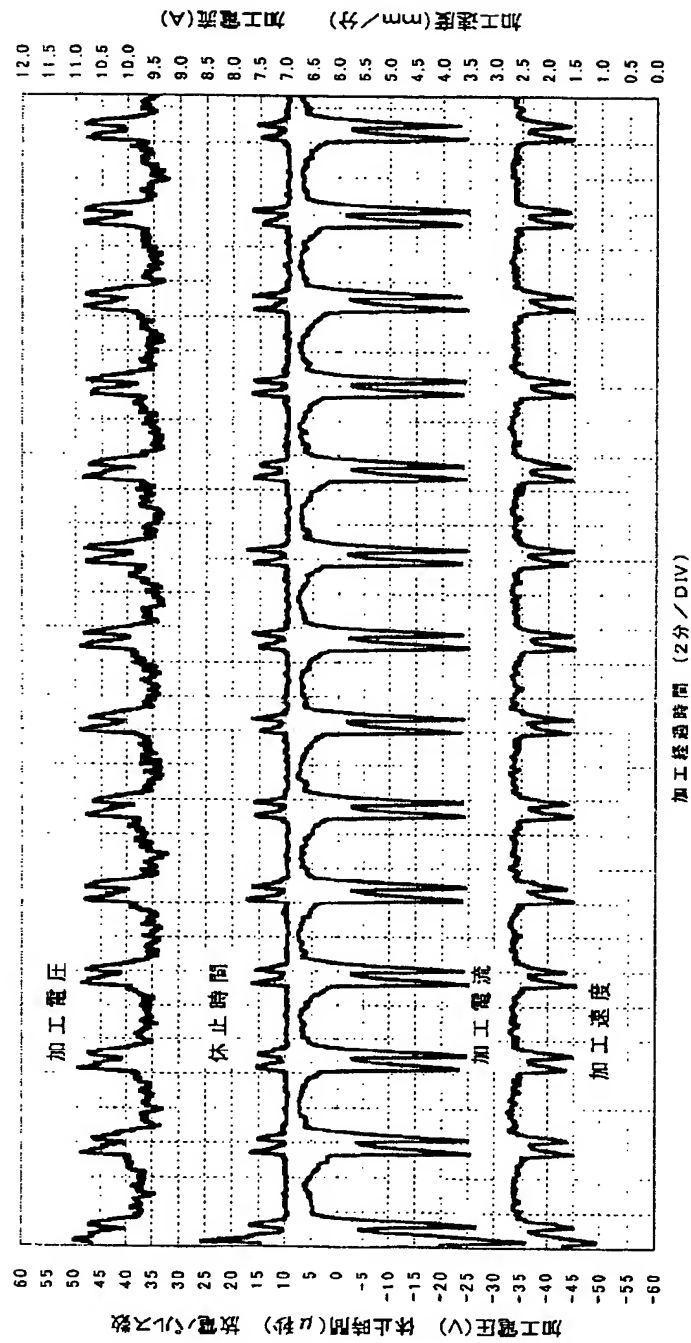
【図14】



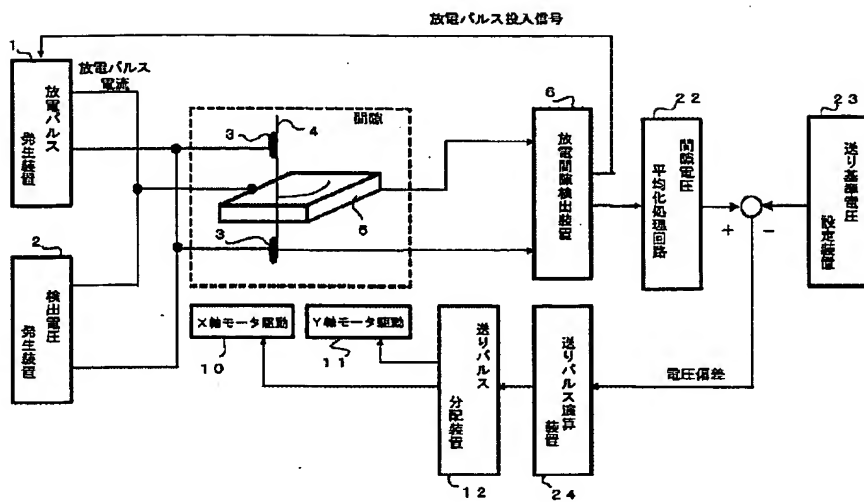
【図15】



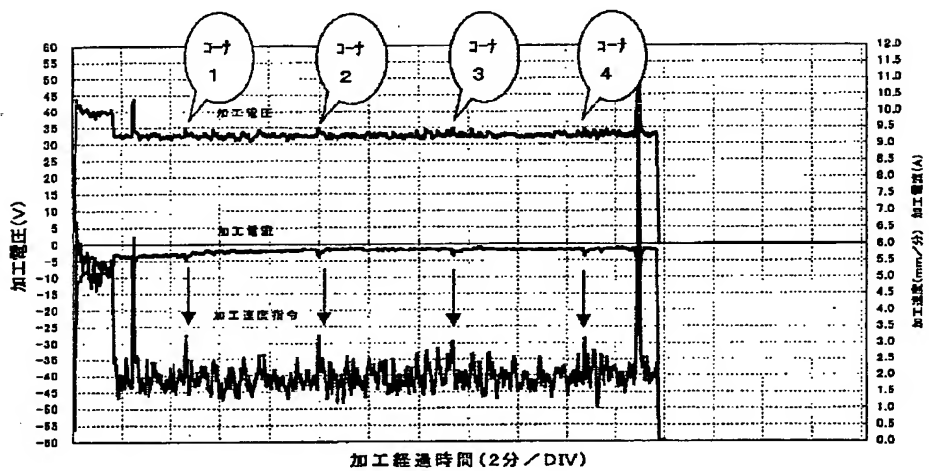
【図16】



【图 18】



【図19】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**